



講演番号10

航空機位置情報等を用いた 出発走行時間の予測手法

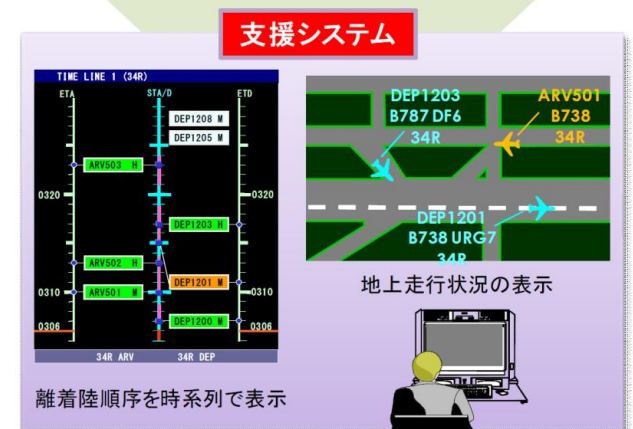
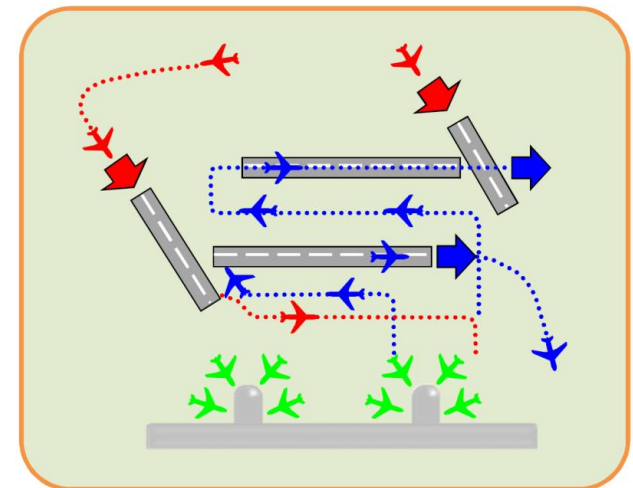
航空交通管理領域

山田 泉、

青山 久枝、住谷 美登里

平成29年6月9日 電子航法研究所研究発表会

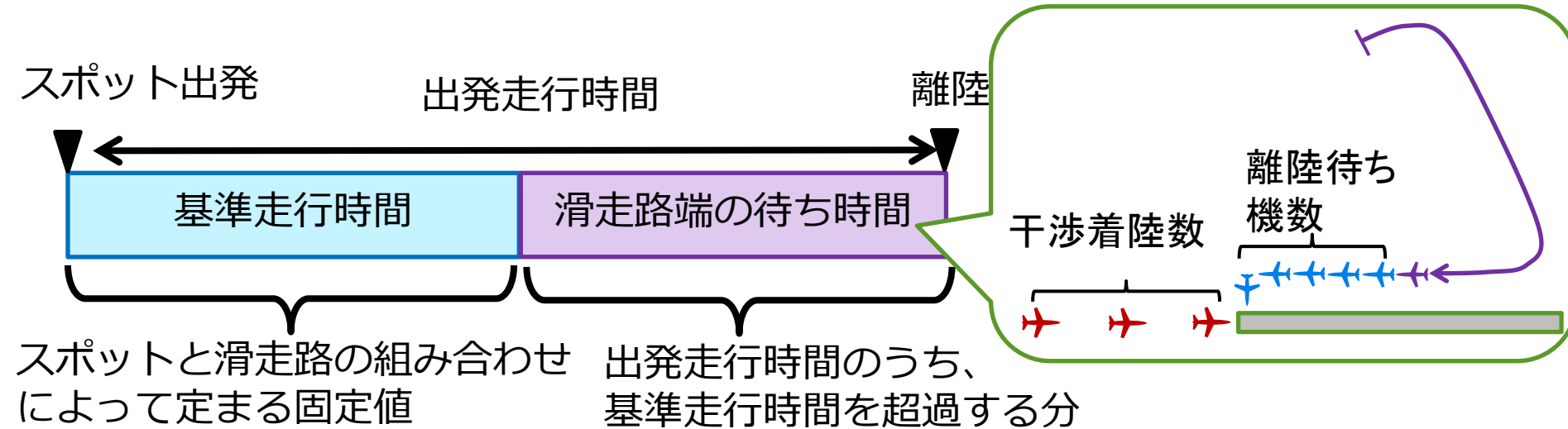
- 交通状況の観測情報をもとにした状況予測
 - 出発便：地上走行時間と離陸時刻
- 状況予測のメリット
 - 空港面の交通に関する状況認識の向上
 - 時間ベースの交通流管理の空港側
- 位置情報を用いるメリット
 - スポット出発後、離陸まで状況予測を継続できる
- 対象空港：成田空港



予測モデルの基本構成

これまでの知見とその限界

■ スポット出発から離陸までの走行時間の構成要素



■ 基準走行時間の特性

- スポット-滑走路間の経路距離につれて増加
 - 誘導路において、おおむね1kmあたり2分

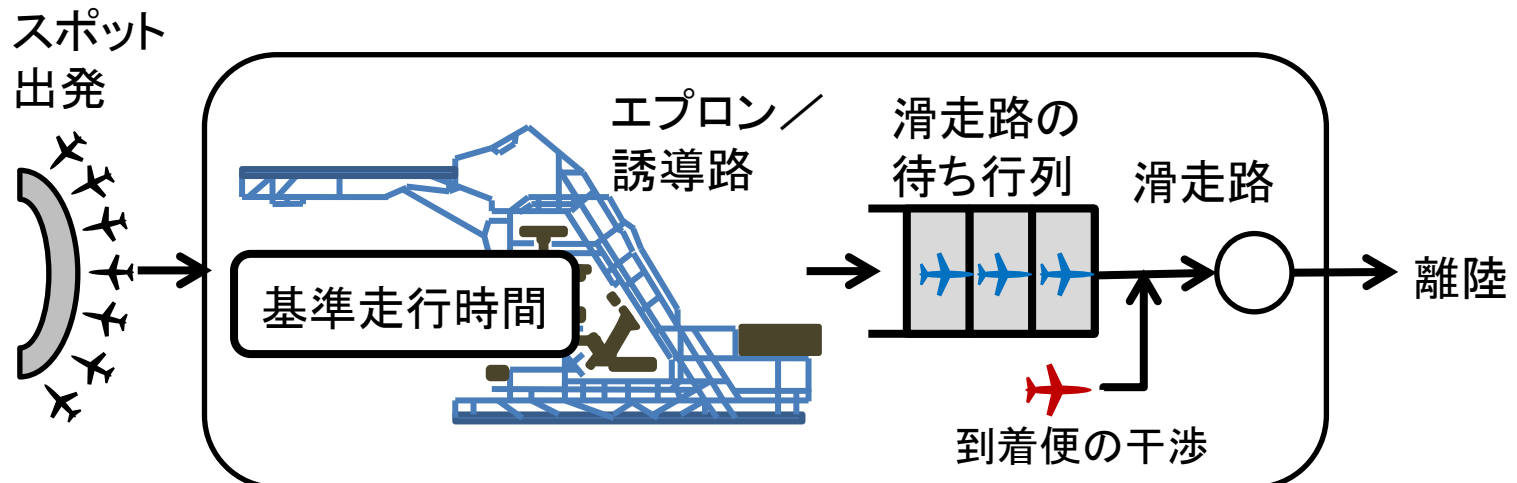
■ 滑走路端の待ち時間の特性

- 離陸待ち機数に比例して増加
- 干渉着陸数に比例して増加

離陸時刻の情報を含む量

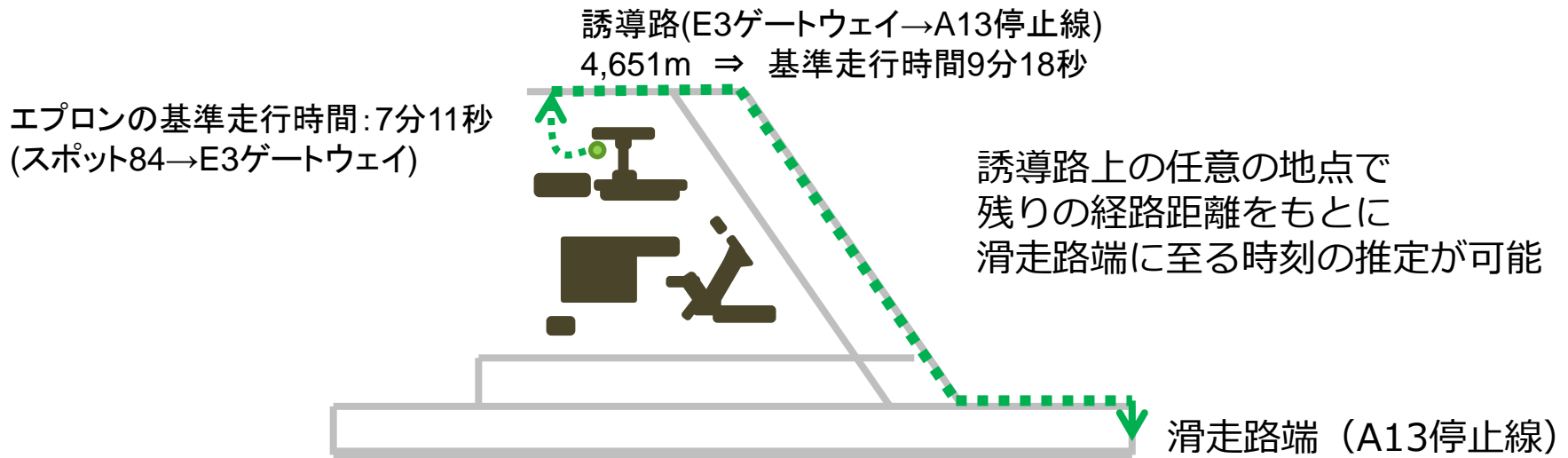
⇒ 離陸時刻の予測には使えない

- 待ち行列過程としてモデル化しなおす
 - 滑走路端の待ち時間が待ち行列過程の性質を持っていることに注目
- 予測モデルの構成
 - 滑走路端の待ち行列に至るまでの所要時間の予測
 - 滑走路端の先着順による離陸順推定
 - 滑走路における振る舞いのモデル
 - 待ち行列における待ち時間の予測



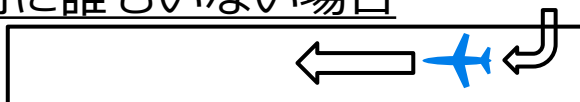
予測モデルの構築

- 予測を行う時点における位置による場合分け
 - 誘導路の場合
 - 残りの経路距離を時間に換算（1kmあたり2分）
 - エプロンの場合
 - ブロックアウトからの経過時間により、エプロン出域時刻（ゲートウェイ通過時刻）を推定
 - エプロンの基準走行時間：
スポットとゲートウェイの組み合わせごとの実績値の平均
 - ゲートウェイから滑走路までの経路距離を時間に換算（1kmあたり2分）



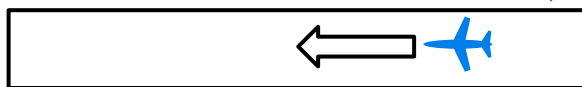
- 滑走路端から離陸までの所要時間の構成要素
 - 滑走路進入における待ち時間
 - 滑走開始地点までの移動時間
 - 滑走開始可能になるまでの待ち時間
 - 滑走時間

①前に誰もいない場合



- ・滑走路に進入し、そのまま離陸滑走開始
- ・滑走時間を経て離陸

②前に出発便がいる場合



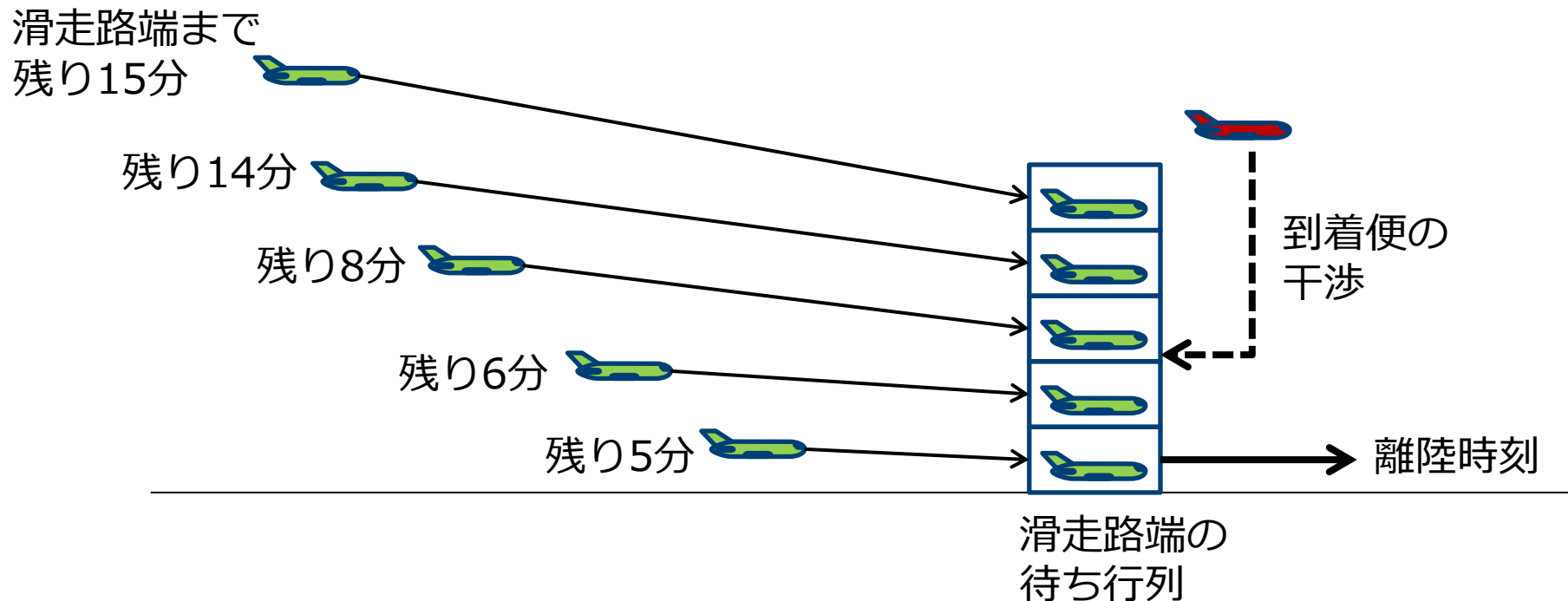
- ・前の出発便の離陸滑走開始を待つて滑走路に進入
- ・前の出発便の離陸滑走開始時刻から離陸間隔時間だけ経過を待つて離陸滑走開始
- ・滑走時間を経て離陸

③到着便の着陸までに離陸が完了しない場合



- ・一旦、①または②により離陸時刻を計算し、到着便の干渉を検出
- ・到着便の着陸を待つて滑走路に進入
- ・到着便の滑走路離脱を待つて離陸滑走開始
- ・滑走時間を経て離陸

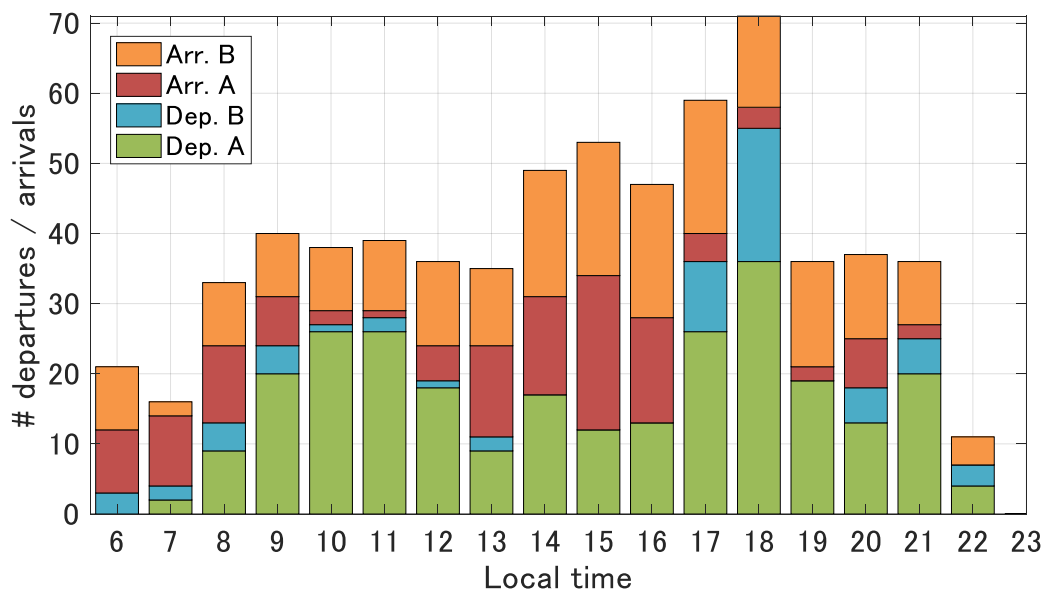
- 滑走路における振る舞いのモデルに従って滑走路端到達の早い出発便から順に待ち時間を経た離陸時刻を予測



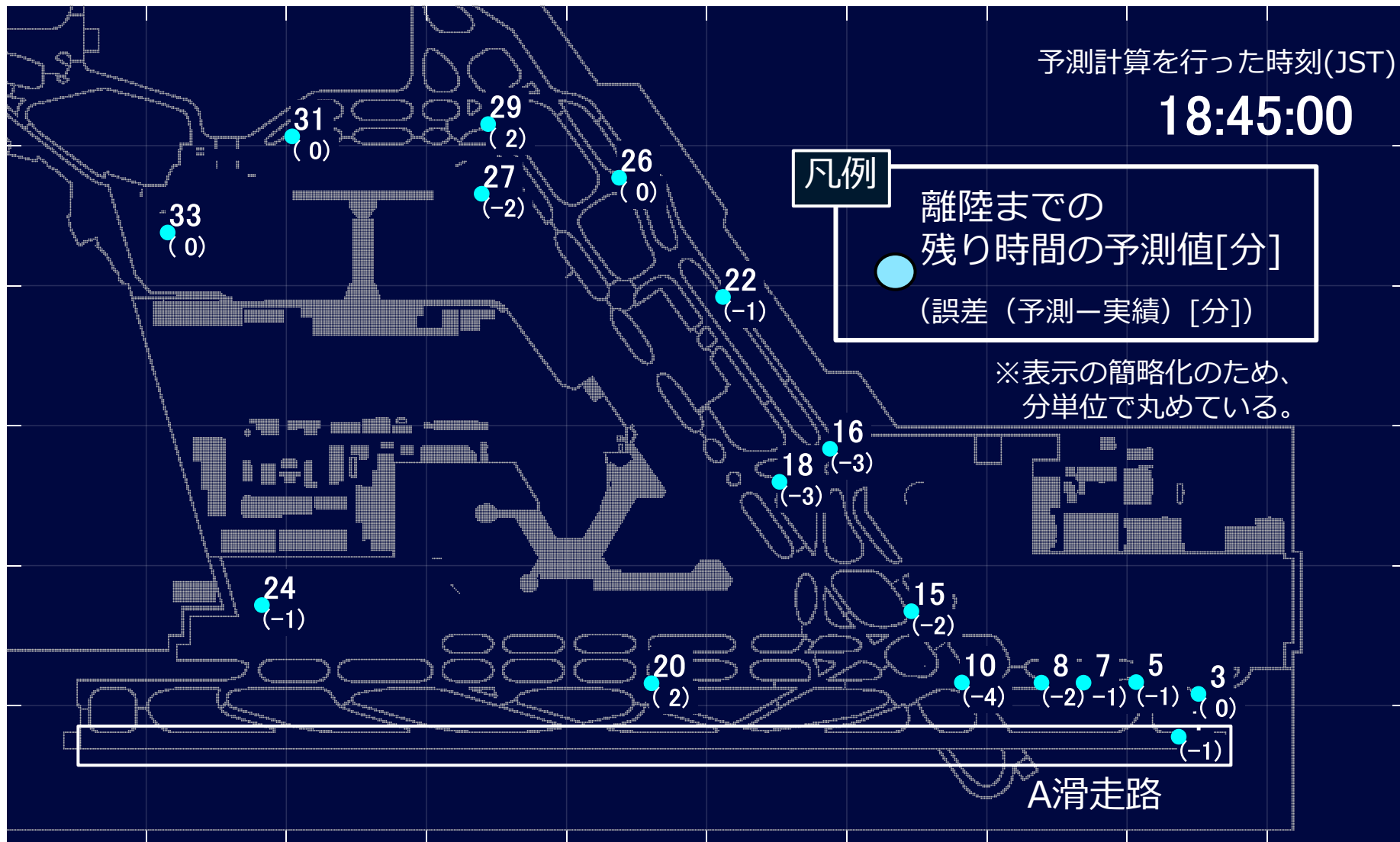
空港面交通データを用いた検証

- 離陸順の予測精度
- 離陸時刻の予測精度

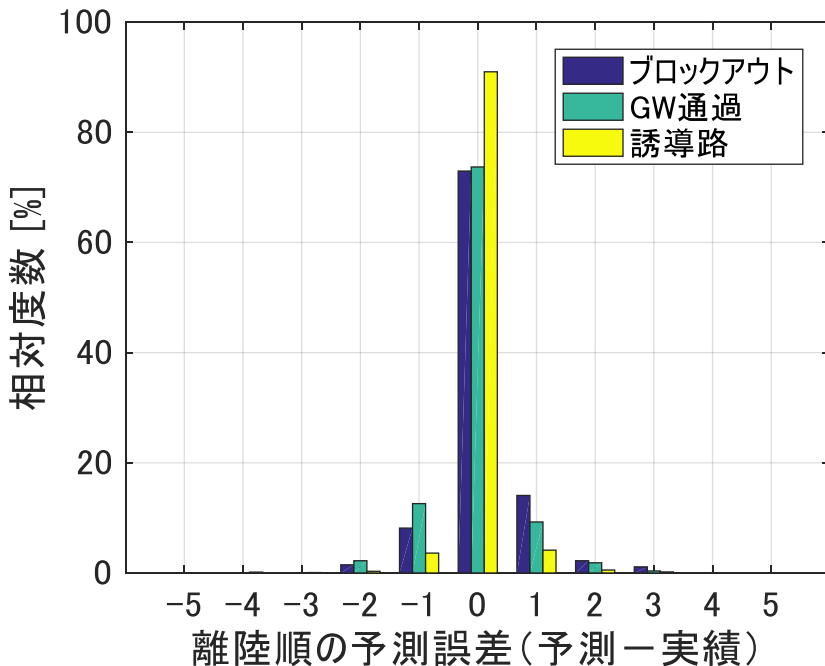
- 参照データ：成田空港のある1日の航空機位置データ
 - 出発331便、到着326便、すべて北風運用の日
 - A滑走路を用いた出発便（270便）について予測
 - 毎秒の位置データから得られる情報
 - 出発便の現在状態・位置：適用するモデルの選択
 - 着陸時刻：他システムから着陸時刻予測が得られることを想定し、着陸時刻の実績値を1分単位で丸めた値を用いる
 - 離陸時刻：予測の精度検証用
- 検証要領
 - スポット出発時刻以降、1分おきに離陸時刻予測計算を行い、離陸時刻の実績値と比較



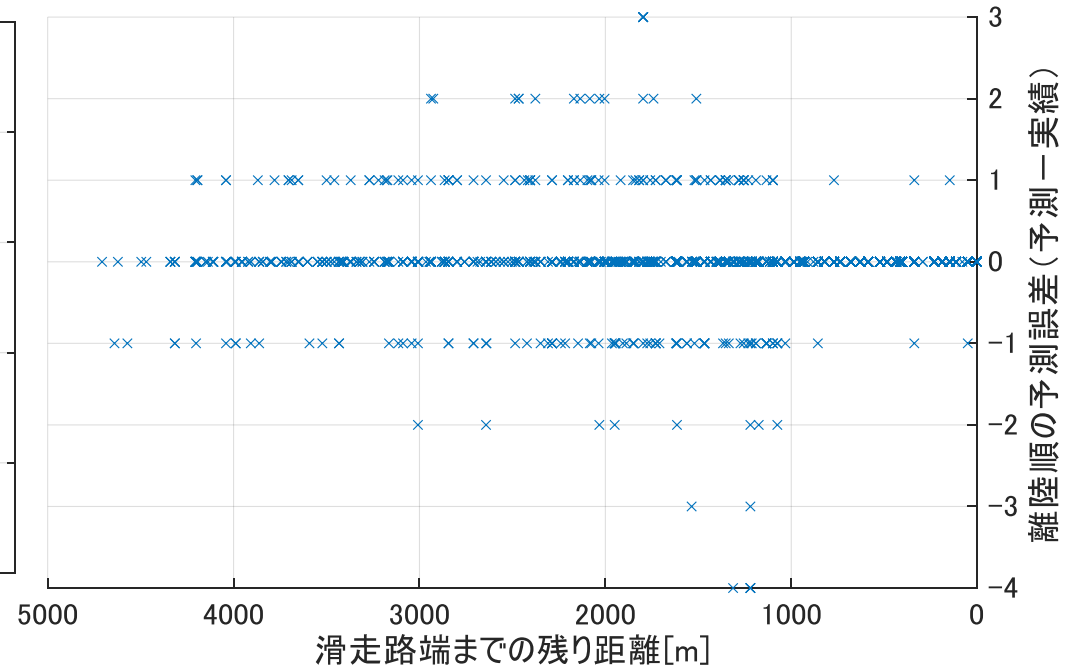
当日の交通量：
各時間帯に
地上走行を開始した便数
※離着陸した便数ではない



- ほぼ正確に離陸順を予測できた
 - ブロックアウト時点：70%以上の割合で誤差0
 - 誘導路において：90%以上の割合で誤差0
 - 予測誤差が±2以上となるケースは少ない



誘導路における誤差分布

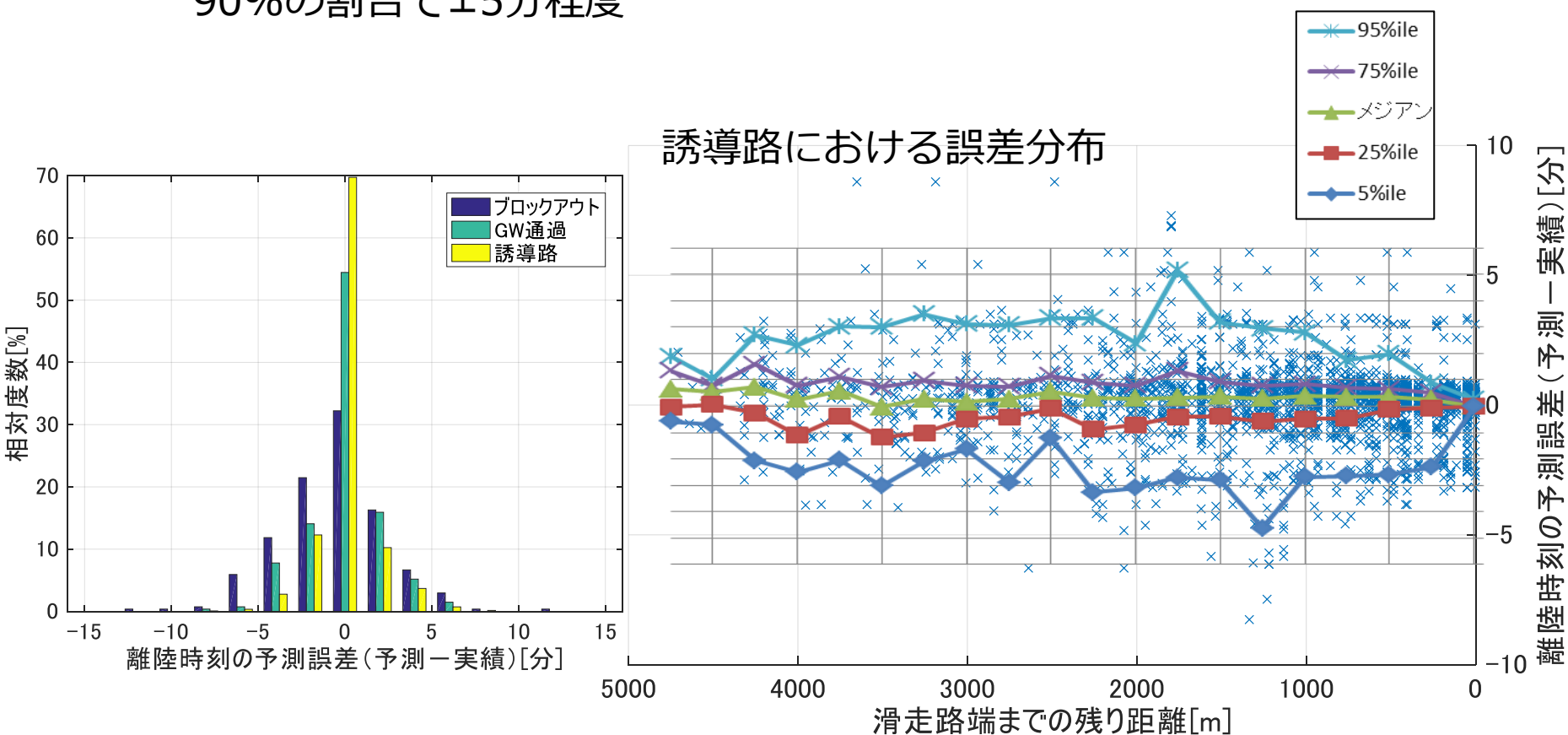


■ ブロックアウト時点での予測精度

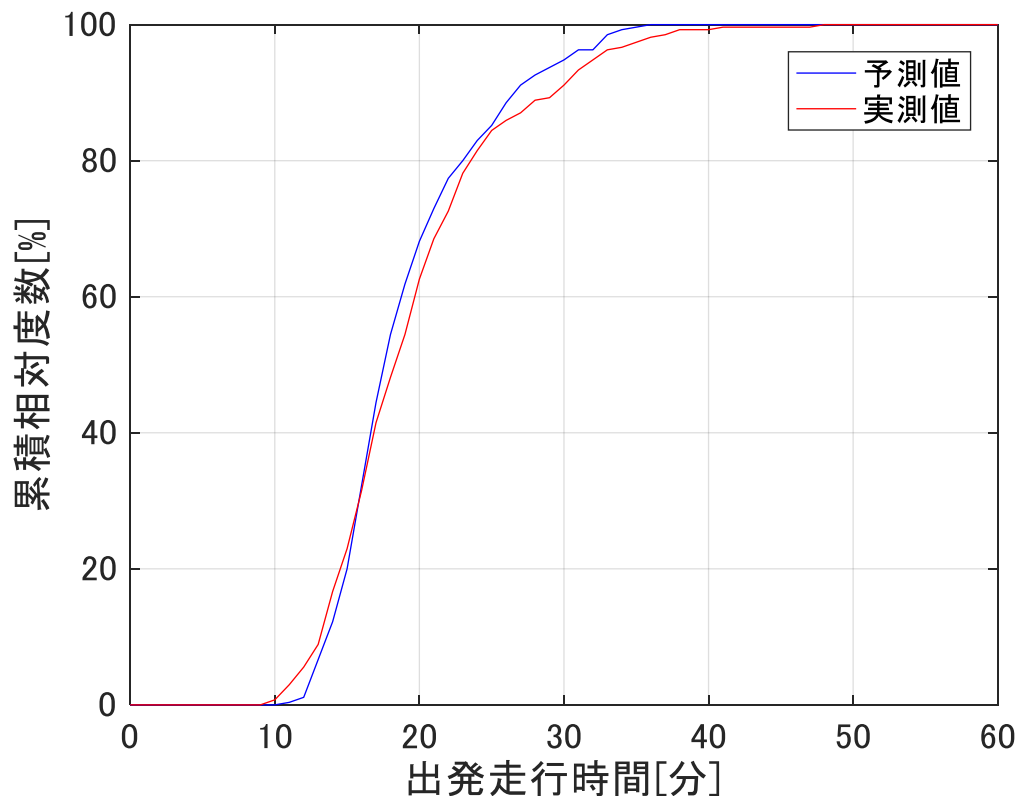
- 平均-0.6分、標準偏差3.2分

■ 誘導路における予測精度

- 50%の割合で±2分から±3分程度
90%の割合で±5分程度

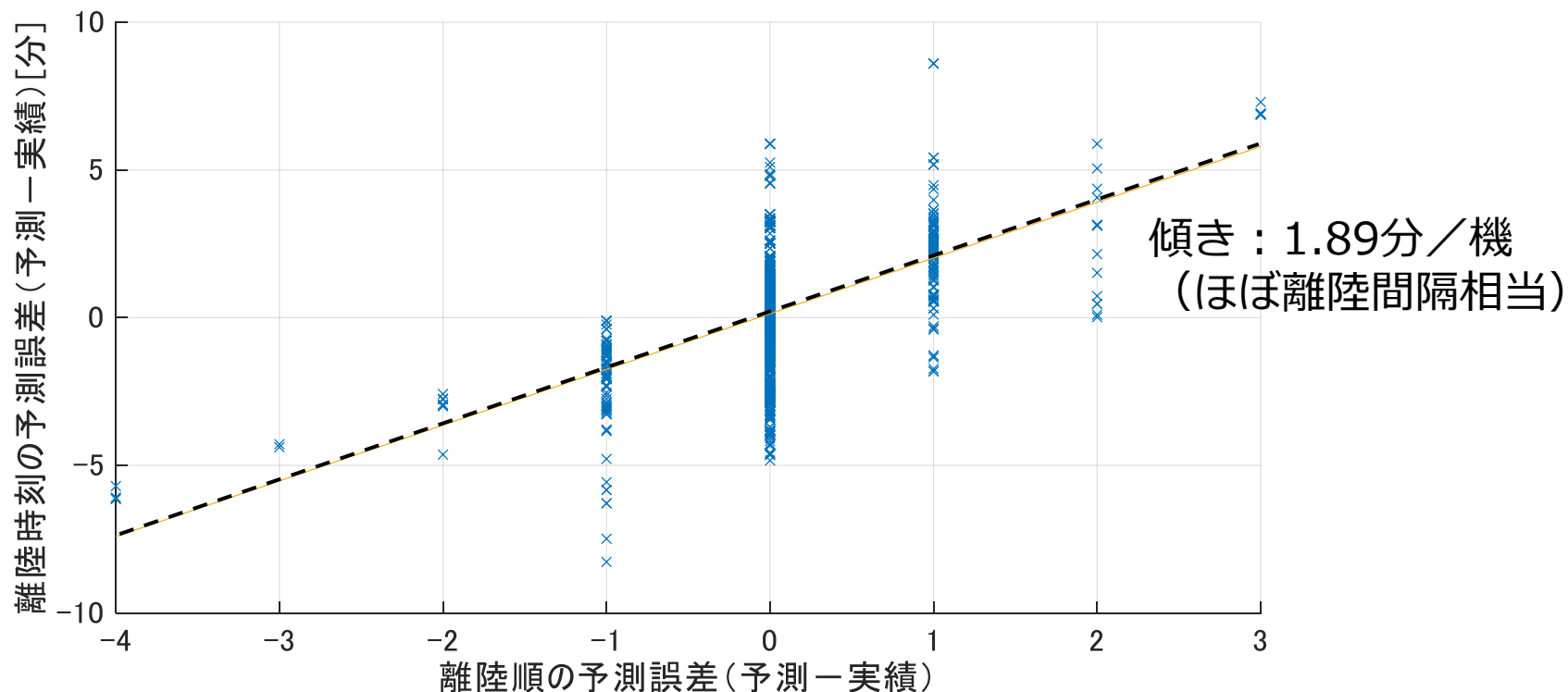


- 比較の要領
 - 実測値：実際の離陸時刻－ブロックアウト時刻
 - 予測値：ブロックアウト時点で予測された離陸時刻－ブロックアウト時刻
- 実績値に近い分布が得られた



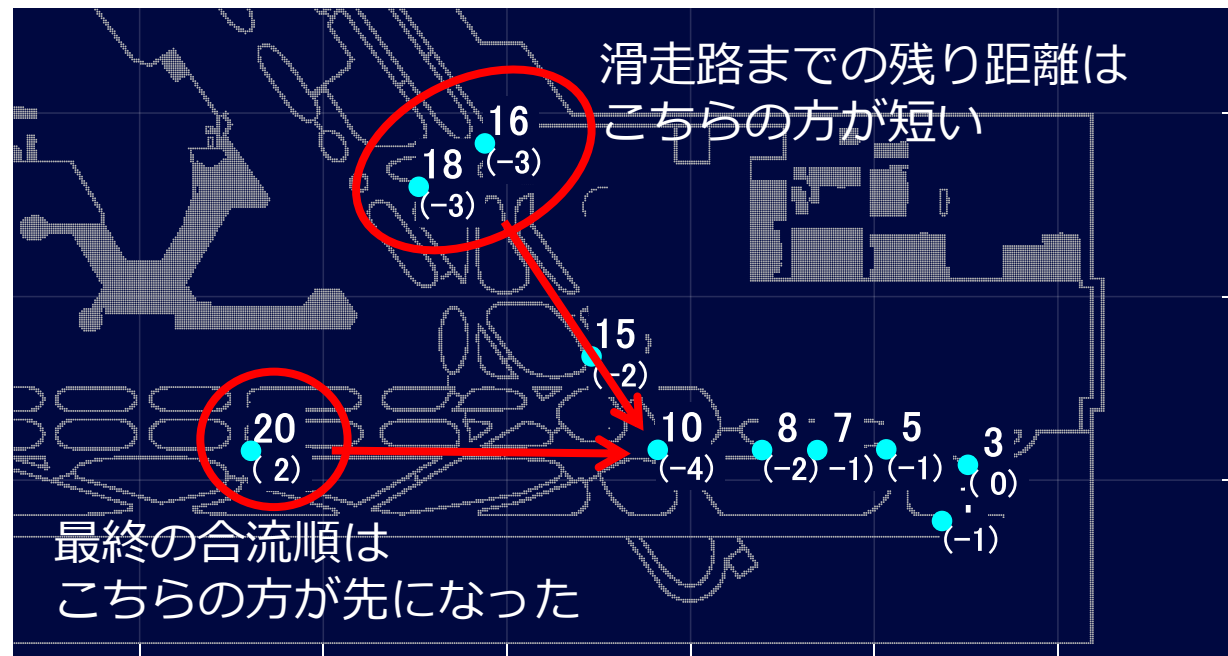
考察

- 主な誤差要因
 - 離陸順の予測誤差の影響が大きい

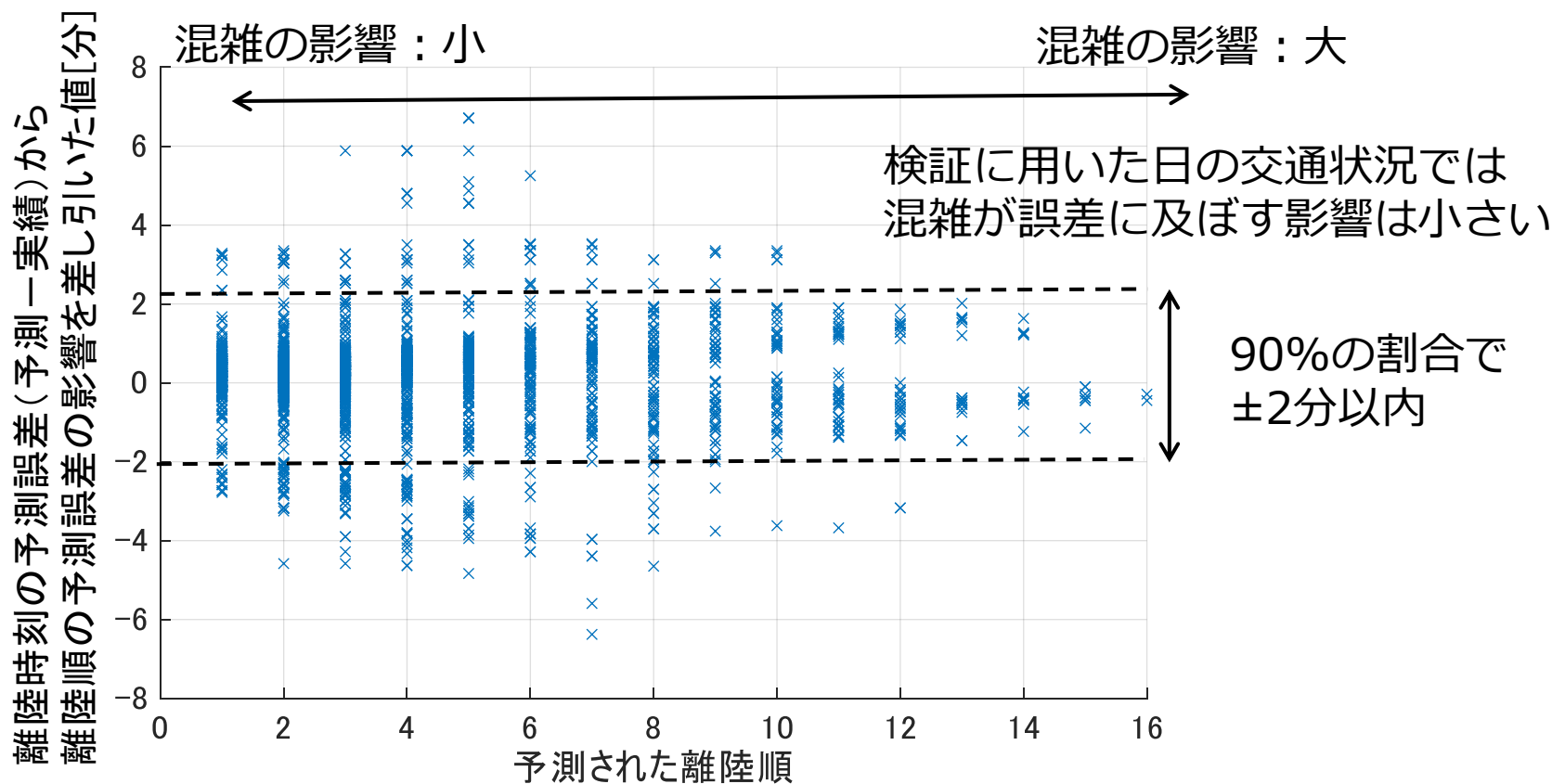


- 現実には、滑走路に近い順と離陸順が対応しない場合がある
 - 滑走路に近い順以外の規範によって離陸順が決まる条件について引き続き分析が必要
 - 考えうる規範：SIDの振り分け、離陸時刻の制限など

先ほどの例



- 離陸順の予測誤差以外の要因の影響は、あまり大きくない
 - 離陸順の予測精度が向上すれば、離陸時刻の予測精度が高くなる可能性
 - 離陸順の予測誤差以外に考える誤差要因
 - エプロンにおける待ち（モデルに含まれていない待ち時間）
 - 到着便の着陸時刻に関する不確かさ（分単位の丸め）



- 出発便の位置とスポット出発時刻情報を用いた
出発走行時間および離陸時刻の予測手法
 - 滑走路端の待ち行列までの残り時間の推定、離陸順の推定
 - 滑走路における振る舞いのモデル
 - 待ち行列過程を経た離陸時刻の推定
- ある1日の参照データを用いた妥当性検証
 - 離陸順の予測は、70%以上の割合で誤差なし
 - ブロックアウト時点で、平均-0.6分、標準偏差3.2分の予測誤差
 - 誘導路において、残り距離によらず、誤差の50%が±2分以内、90%が±5分以内
- 今後の課題
 - 離陸順の推定が正しければ、90%の場合について±2分以内の精度で予測できる可能性
 - 離陸順決定の規範に関する分析とモデル化
 - 滑走路までの距離以外の要素（SIDの振り分け等、最終合流地点における並べ替えの規範に関する検討）
 - エプロン部分の走行時間モデルの詳細化
 - 到着便の着陸時刻の不確かさの影響を受けにくいモデル